

# Метаморфические горные породы

глина



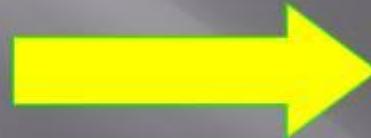
глинистый  
сланец

известняк



мрамор

песчаник



кварцит

гранит



гнейс



Лекция 10  
8 декабря 2015 г.

# Содержание

- Определения: парапороды и ортопороды, метаморфизм, метасоматоз
- Факторы, типы и фации метаморфизма
- Текстуры и структуры метаморфических пород
- Породы регионального метаморфизма
- Породы динамометаморфизма
- Породы контактового метаморфизма

- **Определения: парапороды и ортопороды, метаморфизм, метасоматоз**
- Факторы, типы и фации метаморфизма
- Текстуры и структуры метаморфических пород
- Породы регионального метаморфизма
- Породы динамометаморфизма
- Породы контактового метаморфизма

# Определения

**Метаморфические горные породы** - это породы, образовавшиеся в земной коре или мантии в результате изменения осадочных и магматических горных пород под воздействием температуры, давления и флюидов.

**Метаморфизм** – это процесс твердофазного минерального и (или) структурного изменения пород под воздействием температуры, давления и флюидов.

Метаморфизованные осадочные  
и магматические породы  
называются, соответственно,  
**парапородами** и **ортопородами**



Магматическая



Осадочная



Метаморфическая

При **изохимическом метаморфизме** химический состав породы не меняется.

Метаморфизм с изменением химического состава породы в результате переноса компонентов флюидом называется **метасоматозом**.

# Содержание

- Определения: парапороды и ортопороды, метаморфизм, метасоматоз
- **Факторы, типы и фации метаморфизма**
- Текстуры и структуры метаморфических пород
- Породы регионального метаморфизма
- Породы динамометаморфизма
- Породы контактового метаморфизма

# Факторы метаморфизма

**Температура** влияет на состав минеральных ассоциаций. Метаморфические преобразование пород охватывают температурный интервал 250 -1100°C. Около 250 °С резко возрастают скорости химических реакций, проводится граница между преобразованиями осадочных пород и метаморфизмом.

**Давление** – отношение силы, действующей на некоторую площадь, к величине этой площади. Единицей давления в системе СИ является Паскаль,  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н} / 1 \text{ м}^2$ .  $1 \text{ бар} = 0.987 \text{ атмосферы} = 10^5 \text{ Па}$ .

**Давление петростатическое** (литостатическое, всестороннее), обусловленное нагрузкой вышележащих пород, и **боковое** (одностороннее, тектоническое сверхдавление) или стресс.

**Флюидное давление** – давление порового и межзернового флюида.

Часто  $P_{\text{фл}} = P_{\text{лит}}$ . Но давление флюида может превышать литостатическое – «флюидное сверхдавление».

Под термином «**флюид**» понимаются летучие компоненты метаморфических и магматических систем: вода, углекислый газ, кислород, водород, углеводороды, соединения галогенов и другие.

В присутствии флюида область устойчивости многих фаз (особенно содержащих эти летучие компоненты) изменяются.

В их присутствии плавление пород начинается при более низких температурах.

# Типы метаморфизма

По размеру ареалов распространения метаморфических пород, их распределению в геологических структурах и причинам метаморфизма выделяются:

1. Региональный метаморфизм, охватывающий значительные объемы пород на обширных территориях.
2. Метаморфизм сверхвысоких давлений.
3. Контактный метаморфизм на границах магматических тел.
4. Динамометаморфизм в зонах разломов.
5. Импактный метаморфизм от столкновения космического тела с земной поверхностью.

# Соотношение типов и факторов метаморфизма

## Тип метаморфизма

М. погружения

М. нагревания

М. гидратации

Дислокационный М.

Ударный М.

## Факторы метаморфизма

Увеличение давления, циркуляция водных растворов

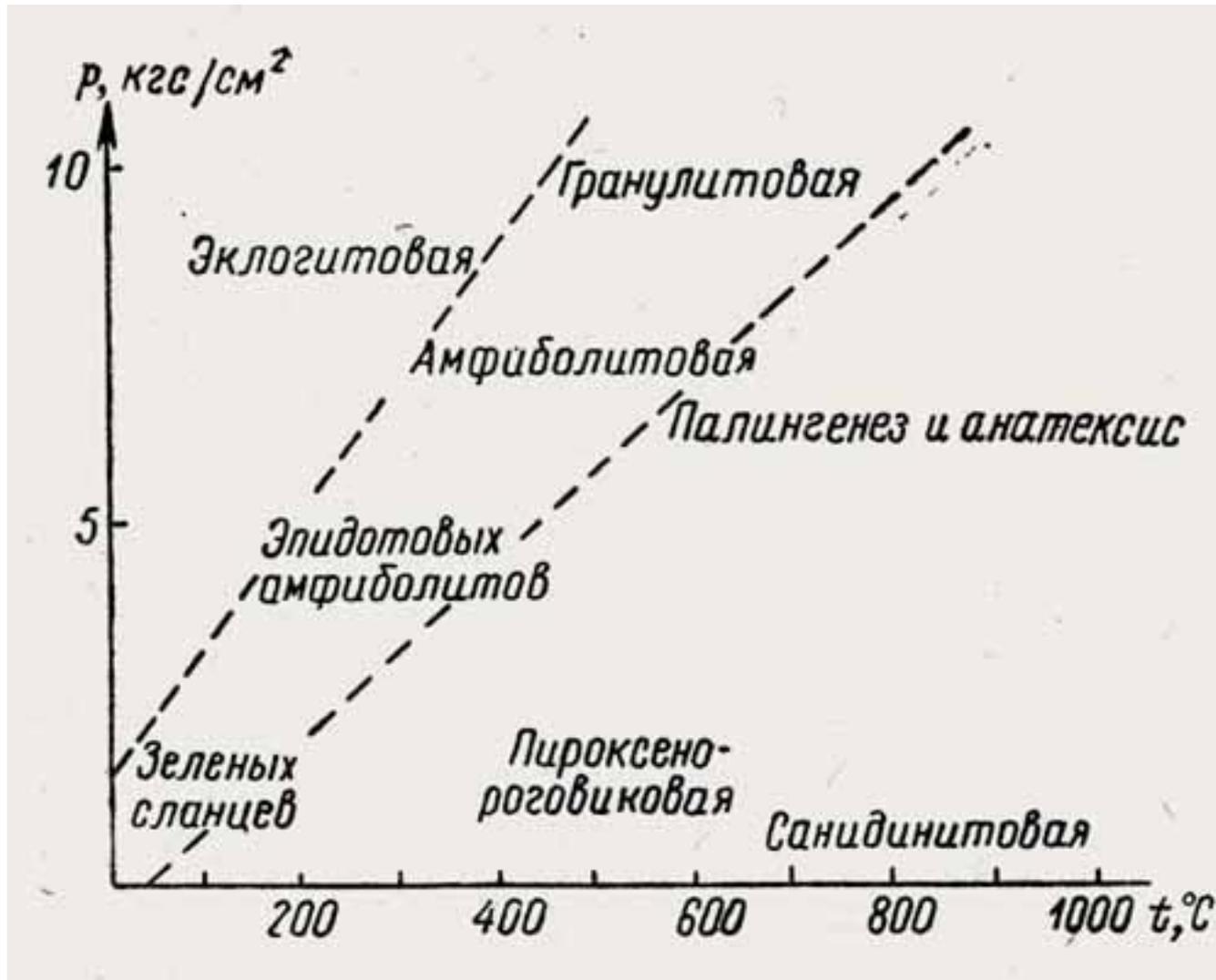
Рост температуры

Взаимодействие горных пород с водными растворами

Тектонические деформации

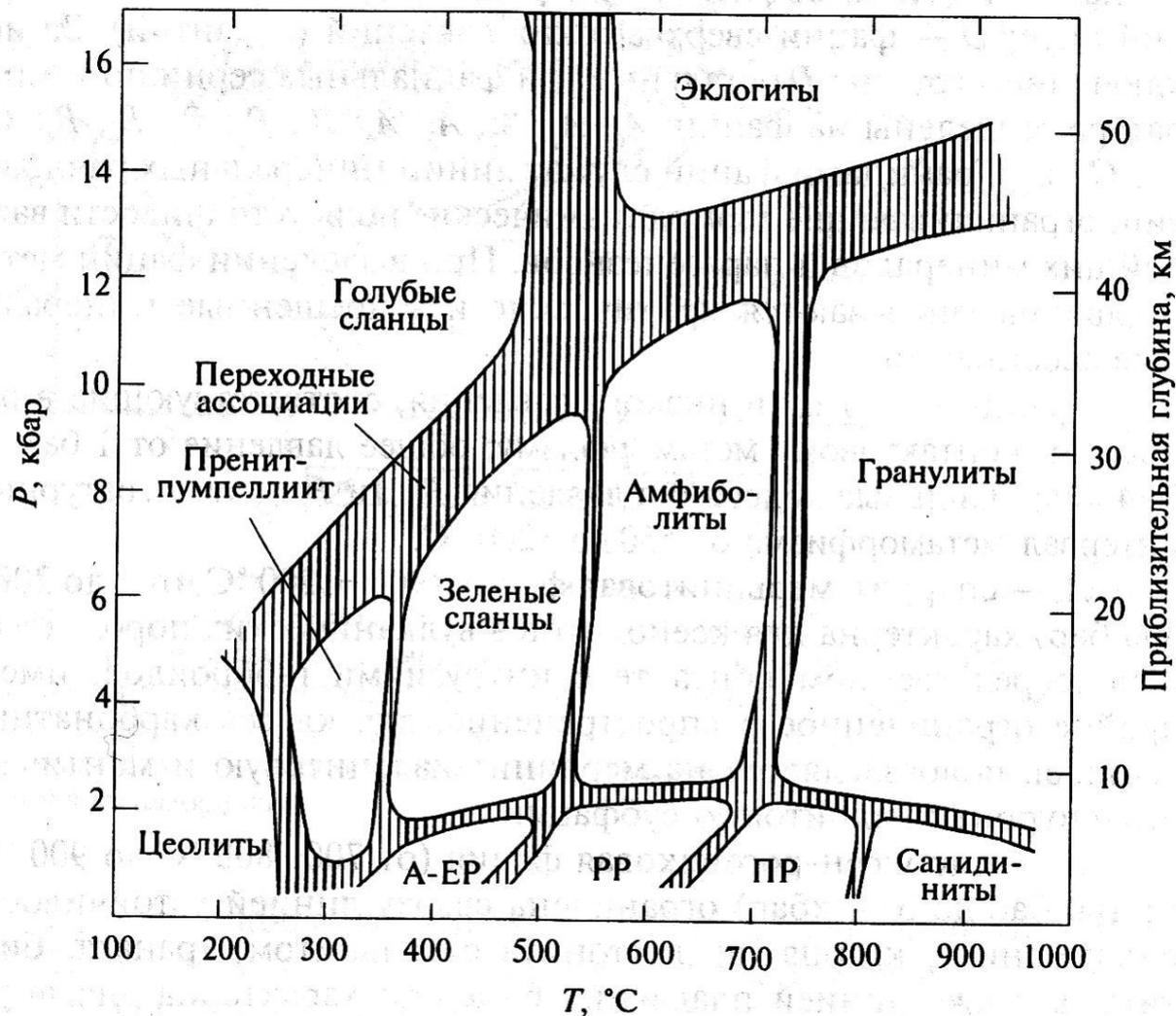
Падение крупных метеоритов

# Фашии метаморфизма

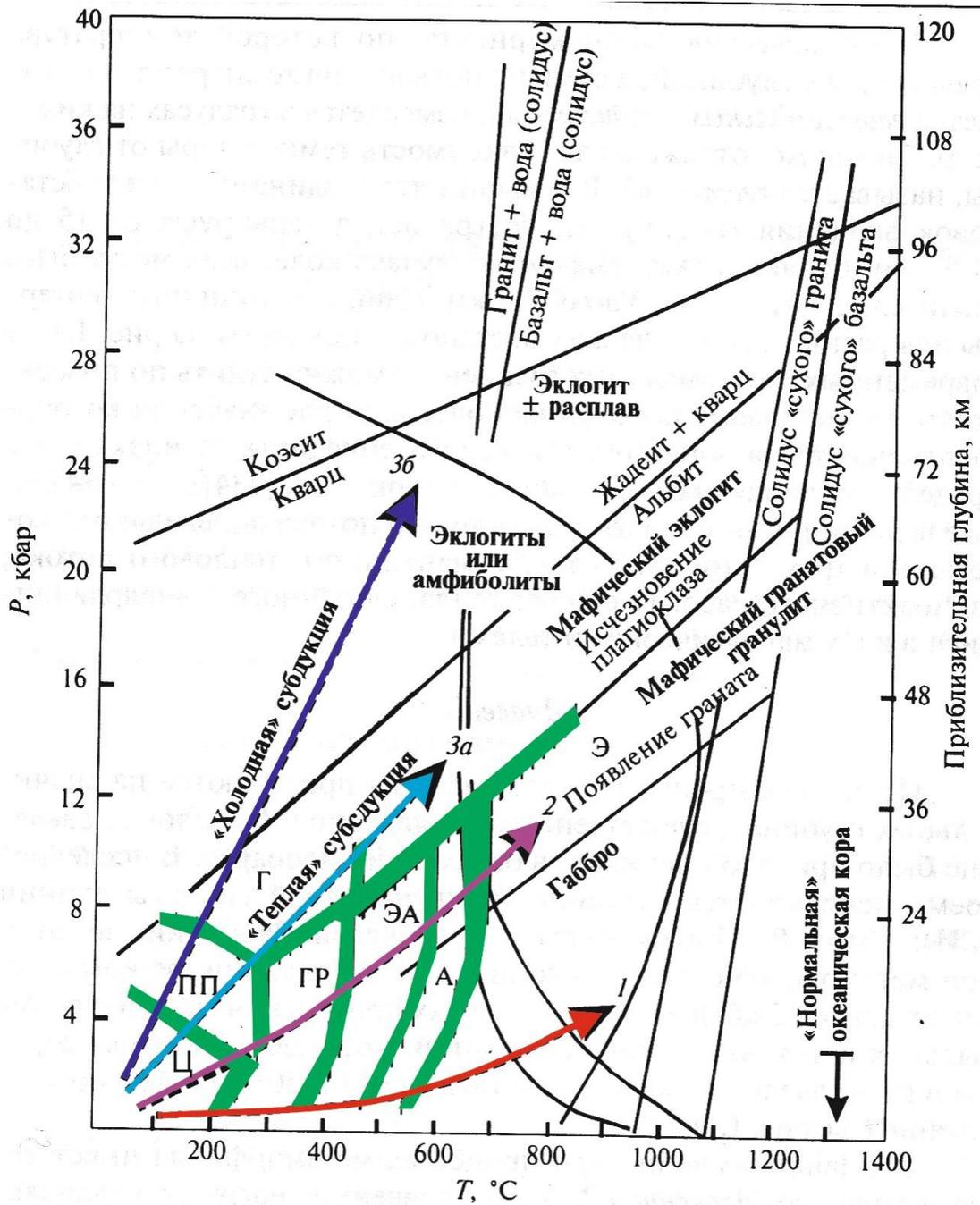




# Схема фаций метаморфизма



ФАЦИИ:  
А-ЕР – альбит-эпидотовая;  
РР – роговообманковая;  
ПР – пироксеновых роговиков.



## Примеры геотерм с разным характером метаморфизма

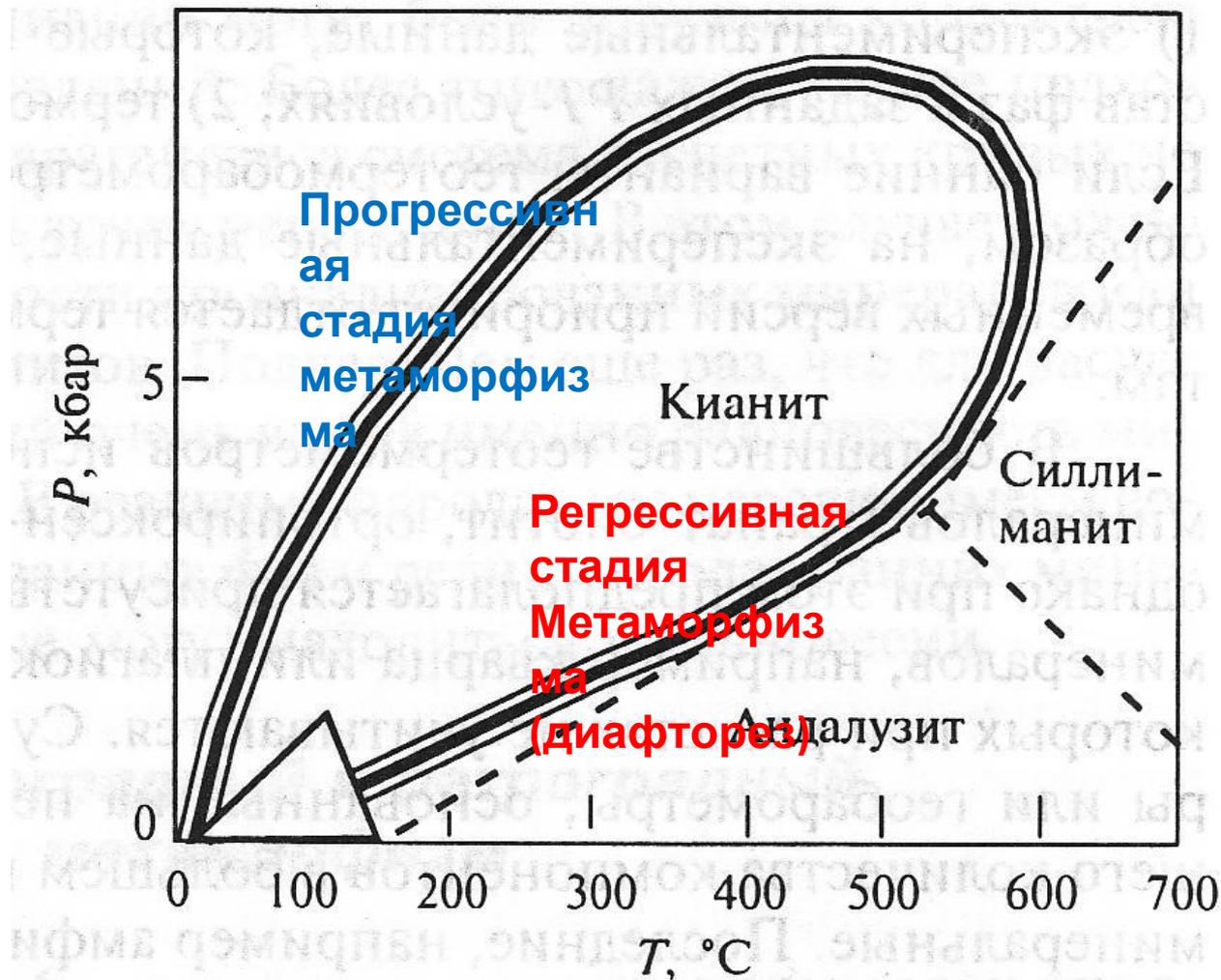
(линии со стрелками):

- 1 — в островных дугах и зонах рифтогенеза;
- 2 — в пределах стабильной континентальной коры;
- 3a — в зоне субдукции горячей океанической коры;
- 36 — в зоне субдукции холодной океанической коры).

## Границы метаморфических фаций:

цеолитовой (Ц),  
 пренит-пумпелиитовой (ПП),  
 зеленосланцевой (ЗС),  
 глаукофансланцевой (Г),  
 эпидот-амфиболитовой (ЭА),  
 гранулитовой (ГР)  
 и эклогитовой (Э).

# Идеализированный P-T-тренд метаморфизма



# Типы и фации метаморфизма

Тип метаморфизма	Фация метаморфизма	Давление, МПа	Температурный интервал (°C)	Примеры пород
Метаморфизм погружения	Цеолитовая	<(200-500)	<(200 - 300)	Метаграувакки, метавулканыты
	Пренит-пумпелиитовая	200-500	200 - 300	
	Лавсонит-глаукофановая (голубых сланцев)	400-800	300 - 400	Глаукофановые сланцы
	Эклогитовая	>800	>(400—700)	Эклогиты
Контактный метаморфизм	Альбит-эпидотовых роговиков	-	250 — 500	Роговики контактовые, скарны
	Амфиболовых роговиков		450-670	
	Пироксеновых роговиков		630-800	
	Санидиновая		>(720—800)	
Региональный метаморфизм	Зелёных сланцев	200-900	300-600	Зелёные сланцы, хлорит-серицитовые сланцы
	Эпидот-амфиболитовая		500-650	Амфиболиты, слюдяные сланцы
	Амфиболитовая		550-800	Амфиболиты, биотитовые парагнейсы
	Гранулитовая		>(700—800)	Гранулиты, гиперстенные парагнейсы
	Кислотных			

- Определения: парапороды и ортопороды, метаморфизм, метасоматоз
- Факторы, типы и фации метаморфизма
- **Текстуры и структуры метаморфических пород**
- Породы регионального метаморфизма
- Породы динамометаморфизма
- Породы контактового метаморфизма

# Текстура метаморфической породы

- способ заполнения пространства

*Сланцевая* т. образуется за счет листоватых, чешуйчатых и пластинчатых минералов в связи с их приспособлением к кристаллизации в условиях высоких давлений. Сланцеватые породы раскалываются на тонкие плитки и пластинки.

*Полосчатая* т. обусловлена чередованием различных по минеральному составу полос.



# Текстура метаморфической породы

## способ заполнения пространства

*Пятнистая т.* отражает наличие в породе пятен, отличающихся по цвету, составу, устойчивости к выветриванию.

*Массивная т.* обозначает отсутствие ориентировки порообразующих минералов.

*Площатая т.* образуется под влиянием пластичного течения материала, при котором под действием тектуры оседлается мелкими складками



# Текстура метаморфической породы

- способ заполнения пространства

*Катакластическая т.* характеризуется обломочными фрагментами и деформациями минералов.



Тектоническая  
ая  
брекчия

# Структуры метаморфических пород

## По форме зёрен различают структуры:

гранобластовая - агрегат изометрических зёрен;

лепидобластовая -

агрегат листоватых или чешуйчатых кристаллов;

нематобластовая - агрегат игольчатых или длиннопризматических кристаллов;

фибробластовая - агрегат волокнистых кристаллов.

## По относительным размерам зерен различают структуры:

гомеобластовая - агрегат зёрен одинакового размера;

гетеробластовая - агрегат зёрен разных размеров;

порфиробластовая - выделение крупных минеральных индивидов на фоне мелкозернистой основной массы породы;

пойкилобластовая - наличие мелких вростков зерен в крупных минеральных индивидах;

ситовидная - обилие мелких вростков одного минерала в крупных кристаллах другого минерала.

- Определения: парапороды и ортопороды, метаморфизм, метасоматоз
- Факторы, типы и фации метаморфизма
- Текстуры и структуры метаморфических пород
- **Породы регионального метаморфизма**
- Породы динамометаморфизма
- Породы контактового метаморфизма

# Породы регионального метаморфизма

**Глинистый сланец** — порода начальной стадии метаморфизма глин. Состоит преимущественно из гидрослюд, хлорита, иногда каолинита, реликтов других глинистых минералов (смектитов, монтмориллонита), кварца, полевых шпатов и других минералов. В г.с. хорошо выражена сланцеватость. Он легко раскалывается на пластинки. Цвет глинистого сланца: зелёный, серый, бурый до чёрного. Может содержать углистое вещество, новообразования карбонатов и пирита.

# Породы регионального метаморфизма

**Филлит** [греч. филлитес — листоватый] — сланцеватая порода, плотная, темная, с шелковистым блеском, состоит из кварца, серицита, иногда с примесью хлорита, биотита и альбита. Образуется при метаморфизме глинистых сланцев, глинистых минералов в не содержит .

По степени метаморфизма занимает промежуточное положение между глинистым сланцем и слюдяным сланцем.



# Породы регионального метаморфизма

**Хлоритовый сланец** — представляет собой сланцеватую или чешуйчатую породу, состоящую преимущественно из хлорита с второстепенными минералами такими как актинолит, тальк, слюда, эпидот, кварц. Цвет породы зелёный. Она жирная на ощупь и часто содержит магнетит в виде хорошо образованных кристаллов (октаэдров).

# Породы регионального метаморфизма

**Тальковый сланец** — агрегат листочков и чешуек талька сланцеватого строения, зеленоватого или белого цвета, мягок, обладает жирным блеском. Встречается среди хлоритовых сланцев и филлитов в верхнеархейских (гуронских) образованиях и является результатом метаморфизации и более молодых осадочных и изверженных (оливин-содержащих) пород. В качестве второстепенных минералов присутствуют магнезит, хромит, актинолит, апатит, турмалин. К тальку примешиваются листочки и чешуйки хлорита с переходом в тальково-хлоритовый сланец.

# Породы регионального метаморфизма

**Кристаллический сланец** - общее название обширной группы метаморфических пород, характеризующейся средней или сильной степенью метаморфизма. В отличие от гнейса, в кристаллическом сланце количественные соотношения между кварцем, полевыми шпатами и тёмноцветными минералами могут широко варьировать.



# Кристаллические сланцы



# Породы регионального метаморфизма

**Амфиболит** — метаморфическая порода, состоящая из амфибола, плагиоклаза

и второстепенных минералов: биотита, граната, кварца, кианита, скаполита, цоизита, эпидота. Роговая обманка амфиболитов отличается от амфиболов магматических пород высоким содержанием глинозёма.

В отличие от большинства метаморфических пород высоких ступеней регионального метаморфизма, амфиболиты не всегда обладают

хорошо выраженной сланцеватой текстурой. Структура амфиболитов гранобластовая (роговая обманка образует кристаллы,

удлинённые по сланцеватости), нематобластовая и фибробластовая.

Амфиболиты могут образоваться и за счёт основных изверженных пород — габбро, диабазов, базальтов, туфов и др., и за счёт осадочных пород.

В амфиболитах по ультраосновным

породам, сложенным тремолитом или актинолитом, плагиоклаз

отсутствует



# Породы регионального метаморфизма

**Кварцит** — порода, состоящая из зерен кварца, сцементированных более мелким кварцевым материалом, образуется при метаморфизме кварцевых песчаников.

Такая гипергенная порода характерна для кор выветривания.

Из подводных гидротерм, выносящих кремнезём при отсутствии

других компонентов, образуется микрокварцит.

# Породы регионального метаморфизма

**Гнейс —**

метаморфическая порода, характеризующаяся отчётливо выраженной параллельно-сланцеватой, часто тонкополосчатой текстурой с преобладающими гранобластовыми и порфиробластовыми структурами и состоящая из кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклазов и цветных минералов.

Выделяют  
амфибол



ные,

# Породы регионального метаморфизма

ГРАНУЛИТ (от лат. *granulum* — зёрнышко) — метаморфическая горная порода гнейсовидной текстуры, сформировавшаяся в условиях высоких температур (свыше 700°C) и давлений ( $6-10 \cdot 10^8$  Па).

Исторически под гранулитом понимали мелкозернистую лейкократовую породу ортоклаз-кварц-гранатового состава, которая лишь частично соответствует гранулитам в современном понимании.

Необходимо отметить, что порода, к гранулитам является принадлежность её к гранулитовой фации метаморфизма. Минеральный состав гранулитов: кварц, плагиоклаз, щелочной полевой шпат, в небольших количествах биотит, гранат, кордиерит, силлиманит, гиперстен и др.

Структура гранулитовая, гранобластовая, текстура гнейсовая. Иногда к гранулитам относят другие кристаллические сланцы гранулитовой фации (пироксен-плагиоклазовые, гранат-пироксен-плагиоклазовые и др. породы), обозначая их как меланократовые гранулиты.



# Геологическая карта и карта метаморфизма Юго-Западного Прибайкалья и Хамар-Дабана



А. А. ШАФЕЕВ

ДОКЕМБРИЙ  
ЮГО-ЗАПАДНОГО  
ПРИБАЙКАЛЬЯ  
И ХАМАР-ДАБАНА

РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ А-Б

Б

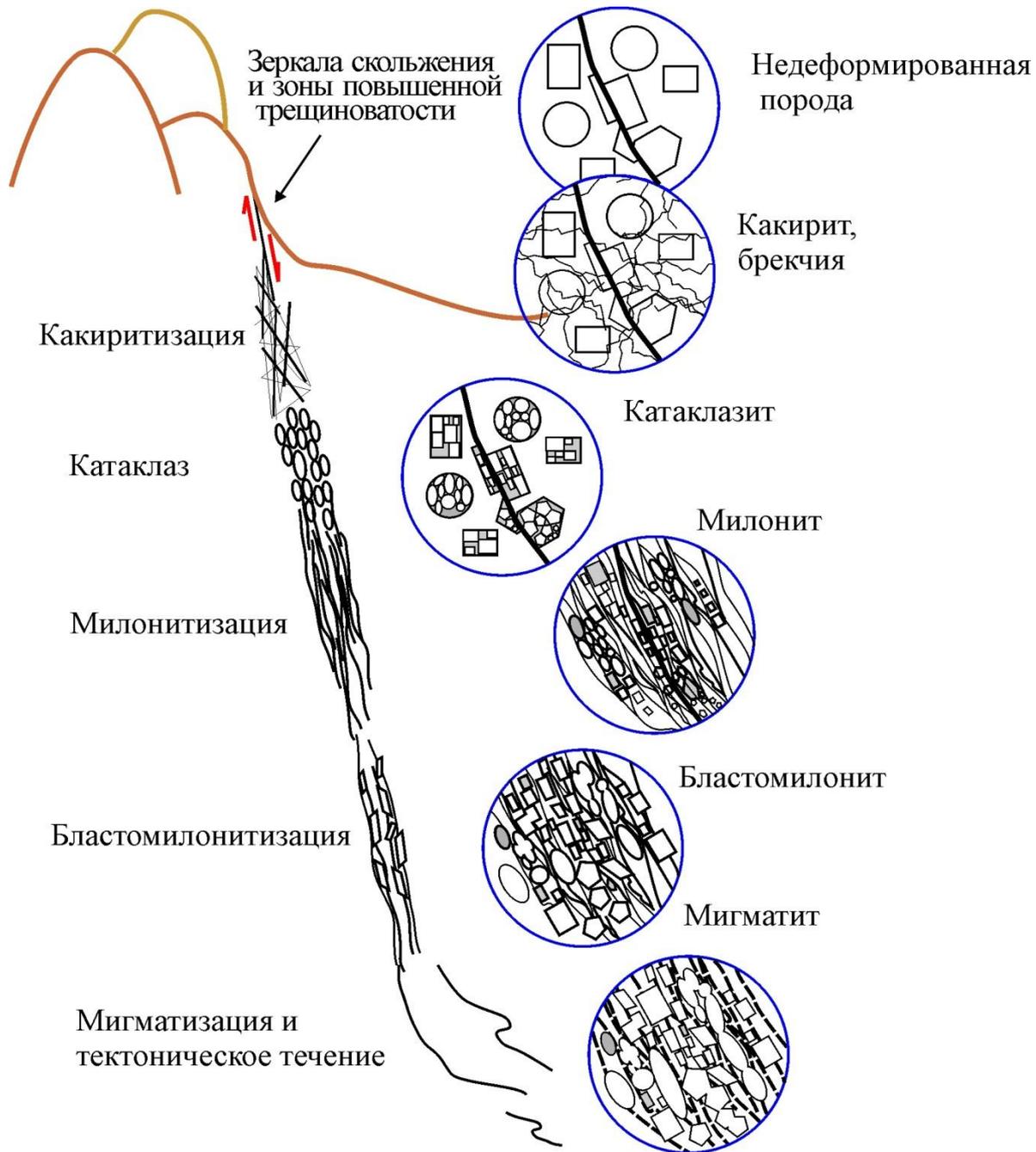
- Определения: парапороды и ортопороды, метаморфизм, метасоматоз
- Факторы, типы и фации метаморфизма
- Текстуры и структуры метаморфических пород
- Породы регионального метаморфизма
- **Породы динамометаморфизма**
- Породы контактового метаморфизма

# Породы динамометаморфизма

Динамометаморфизм - дробление и деформации пород и минералов.

**Катаклазит** — продукт дислокационного метаморфизма без перекристаллизации и новообразований минералов. В породе присутствуют сильно деформированные, изогнутые, раздробленные зёрна минералов и мелкогранулированная полиминеральная связующая масса.

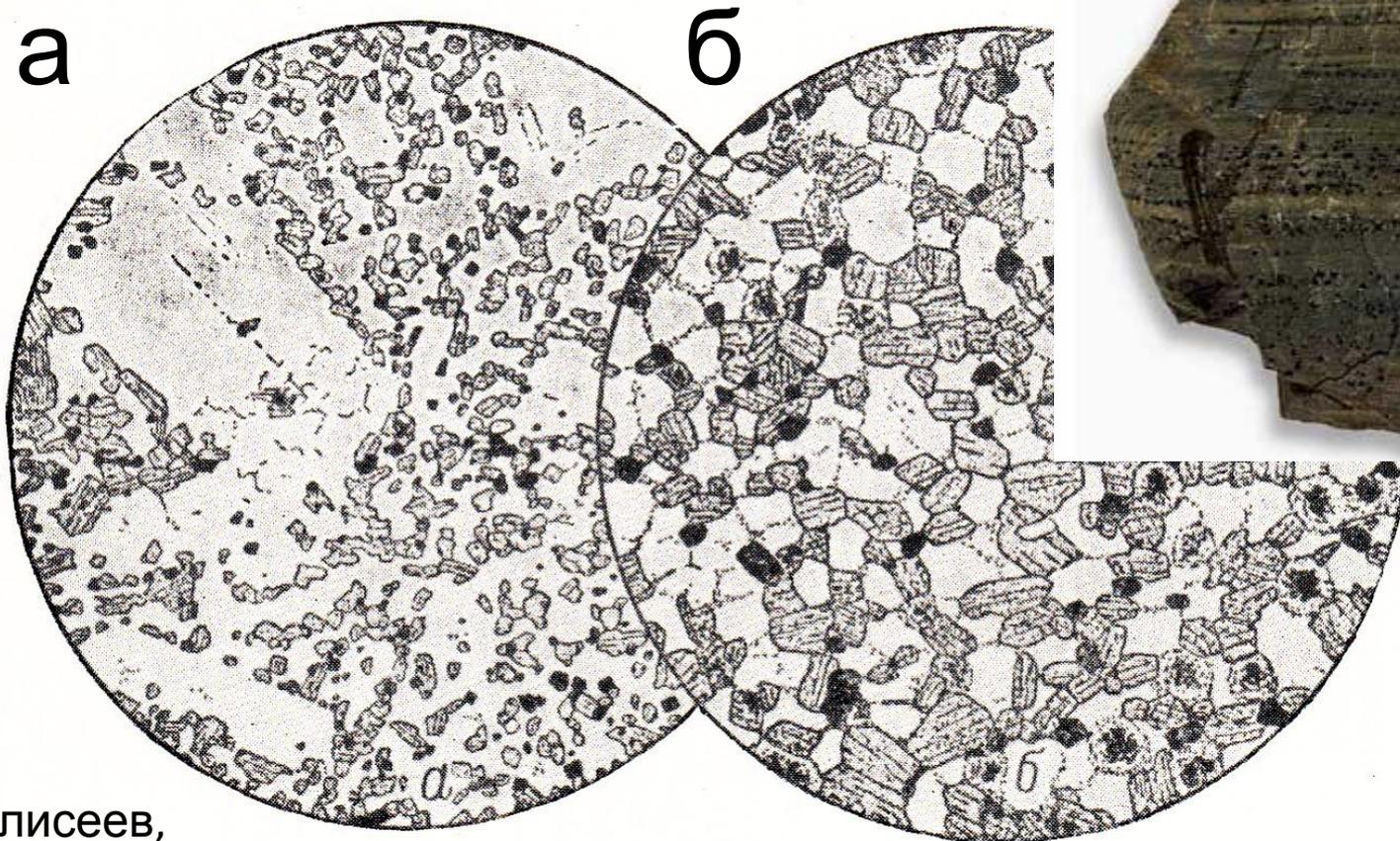
**Милонит** — тонкоперетёртая горная порода с отчётливо выраженной сланцеватой текстурой – образуется в зонах дробления, особенно по плоскостям надвигов и сбросов. Для милонитов характерны полосчатые текстуры и флюидалность. От катаклазитов отличается большей степенью раздробленности и развитием параллельной текстуры.



## Распределение пород в зоне разлома

- Определения: парапороды и ортопороды, метаморфизм, метасоматоз
- Факторы, типы и фации метаморфизма
- Текстуры и структуры метаморфических пород
- Породы регионального метаморфизма
- Породы динамометаморфизма
- **Породы контактового метаморфизма**

Ороговикованный базальт, превращенный в диопсид-плагиоклазовый роговик, захваченный интрузией габбро



Контактовый  
роговик

Елисеев, 1959 сохранилась реликтовая структура базальта; б — реликтовая структура исчезла, структура роговика гранобластическая (по Харкеру).

**СКАРН** - собирательное название для контактово-метасоматических горных пород, состоящих преимущественно из силикатов кальция, магния, железа и марганца. В отличие от роговиков и скарноидов, скарн содержит не более двух главных минералов (например, волластонит и геденбергит, или гранат и пироксен).



Скарны образуются на контакте интрузива и вмещающей его карбонатной толщи на малых, средних и больших глубинах. Из преимущественно кальцитовых вмещающих карбонатов образуются известковые скарны, из доломитовых - магнезиальные. Для магнезиальных скарнов наиболее типичны форстерит, диопсид, шпинель, флогопит, для известковых - гранаты гроссуляр-андрадитового ряда, пироксены диопсид-геденгербитового ряда, волластонит.



Известковы  
й  
скарн

# Классификации скарнов

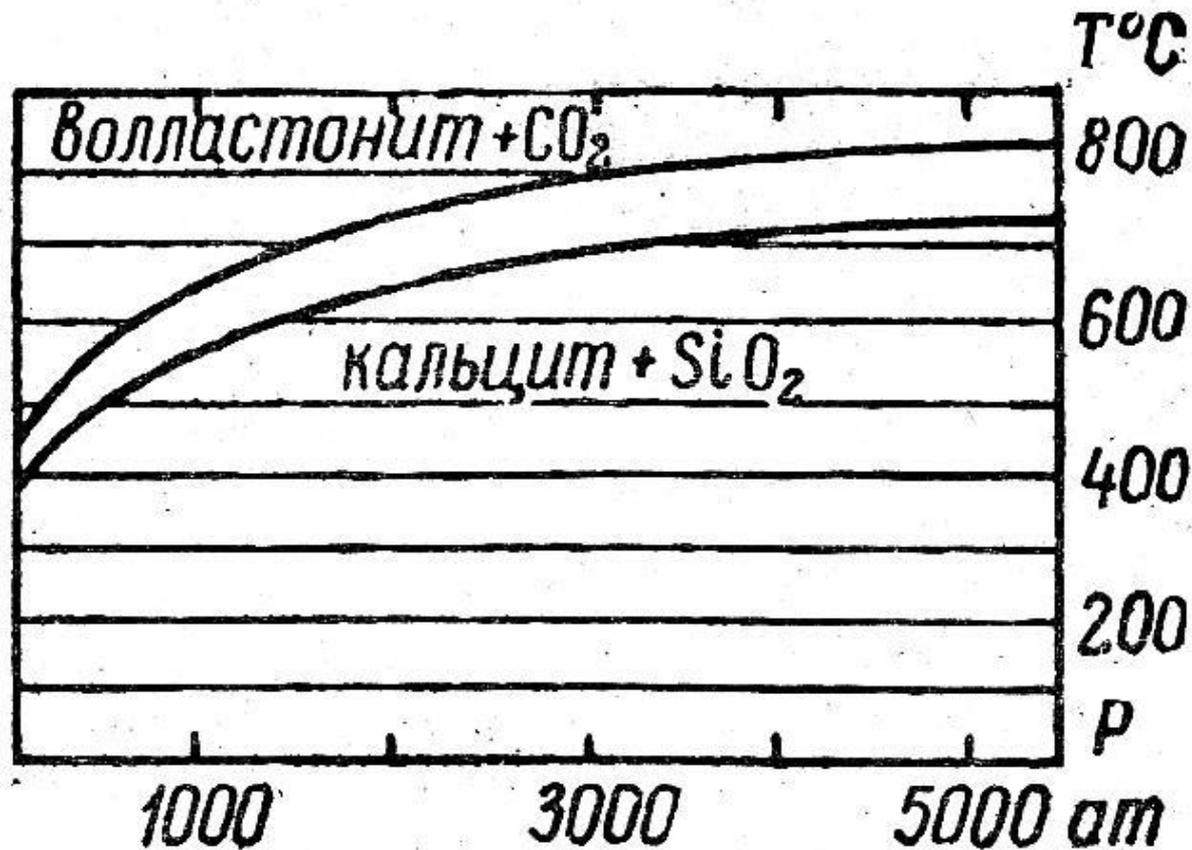
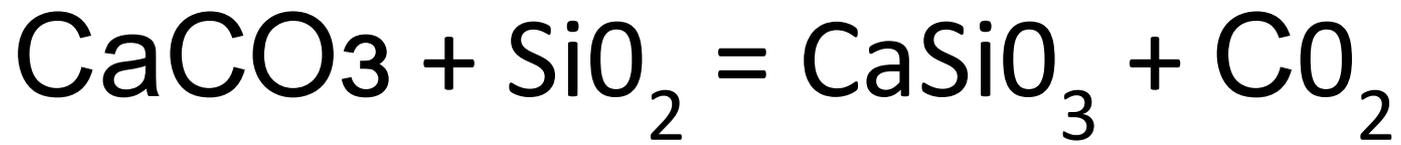
*Фашии глубинности образования:* безволластонитовая, волластонитовая, периклазовая, геленит-монтичеллитовая, ларнит-мервинитовая

*По времени образования:* магматические и постмагматические

*По характеру процесса:* инфильтрационные и диффузионные

*По геологическому положению:* эндоскарны (по вмещающей толще) и экзоскарны (по интрузивному массиву)

*По составу:* магнезиальные, известковые, магнезиальные преобразованные, известковые апомагнезиальные, апоалюмосиликатные, автореакционные (родингиты)



# Заключение

- Метаморфические горные породы образуются в результате изменения осадочных и магматических горных пород под воздействием температуры, давления и флюидов.
- Различается метаморфизм региональный, сверхвысоких давлений, контактовый, динамический (динамометаморфизм) и импактный.